

Korean Laid-open Patent No. 1998-81497

Abstract

The present invention is to provide a scanning electron microscope which detects secondary electron and reflective electron effectively from a sample by using a retarding method regardless of sizes of acceleration voltage and deceleration electric field.

For this, the scanning electron microscope comprises a sample holder (17), an electron beam source (1) emitting an electron beam (19), scanning means (26, 27) scanning the electron beam on the sample, an objective lens (3), a means for forming the deceleration electric field (20) which forms the deceleration electric field decelerating the electron beam in a space on the sample (9), and a detecting apparatus (150, 151) to detect a secondary signal made by at least one side of the reflective electron (16) and secondary electron (15) generated from the sample (9) by an irradiation of the electron beam (19). The first detecting apparatus is disposed on a location in which the secondary signals (15, 16) are hit, and it detects the secondary signals (15, 16) and emits the secondary electron (16b) again by the hit of the secondary signals (15, 16). The second detecting apparatus detects the secondary electron (16b) emitted by the first detecting apparatus (150).

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶
H01J 37/26

(11) 공개번호 특1998-081497
(43) 공개일자 1998년11월25일

(21) 출원번호 특1998-013734
(22) 출원일자 1998년04월17일
(36) 우선권주장 9-101652 1997년04월16일 일본(JP)
(71) 출원인 가부시키가이샤히다치세사쿠쇼 가나이조도부
일본국 도쿄도 지요다부 칸다 스루가다이 4-6
(72) 발명자 도도코로히데오
일본국 도쿄도 니시타마군 히노데마치 히리마 2196-213
(74) 대리인 송재현, 한국환

심사청구 : 없음

(54) 주사 전자 현미경

요약

본 발명은 리타팅법을 이용하여서 시료로부터의 이차 전자 및 반사 전자를 가속 전압 및 감속 전압의 크기 에 상관없이 자유롭게 검출할 수 있는 주사 전자 현미경을 제공하는 것이다.

이를 위하여 시료 홀더(17)와, 전자 빔(19)을 조사하는 전자전원(1)과 전자 빔을 시료상에 주사시키는 주사 수단(25, 27)과, 대물 렌즈(3)와, 시료(9)상의 공간에 전자 빔을 감속시키는 감속 전계를 형성하는 감속 전계 형성수단(20)과, 전자 빔(19)의 조사에 의하여 시료(9)로부터 생기는 이차 전자(15) 및 반사 전자(16)의 적어도 한쪽에 의하여 구성되는 이차 신호를 검출하기 위한 검출장치(150, 151)를 갖는다. 제 1 검출장치(150)는 이차 신호(15, 16)가 송출하는 위치에 배치되고, 이차 신호(15, 16)를 검출함과 동시에 이차 신호(15, 16)의 송출에 의하여 다시 이차 전자(16)를 방출하는 구성이다. 제 2 검출장치(151)는 제 1 검출장치(150)가 방출한 이차 전자(16)를 검출한다.

도면도

도3

도4

도면의 간단한 설명

- 도 1은 종래의 주사 전자 현미경의 기본 구성의 일부를 설명하기 위한 블록도.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 이용될 수 있는 전계 방출형 전자전원의 구성을 나타내는 블록도.
- 도 3은 본 발명의 제 1 실시예의 리타팅 방식의 주사 전자 현미경의 구성을 나타내는 블록도.
- 도 4는 도 3의 주사 전자 현미경에 있어서, 시료(9)에 입사하는 시료의 전자 빔이 1kV가 되도록 가속 전압(33) 및 중성 전압(20)을 변화시킨 경우의 시료(9)로부터의 이차 전자(16)에 의한 (a) 제 1 검출장치(150)의 출력의 변화, (b) 제 2 검출장치(151)의 출력의 변화를 각각 나타내는 그래프.
- 도 5는 본 발명의 제 2 실시예의 리타팅 방식의 주사 전자 현미경의 구성을 나타내는 블록도.
- 도 6은 도 5의 주사 전자 현미경에 있어서, 중성 전압(20)을 1kV로 고정하고, 가속 전압(33)을 변화시킨 경우의 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)에 의한 (a) 제 1 검출장치(150)의 출력의 변화, (b) 제 2 검출장치(151)의 출력의 변화를 각각 나타내는 그래프.
- 도 7은 본 발명의 제 3 실시예의 리타팅 방식의 주사 전자 현미경의 구성을 나타내는 블록도.
- 도 8은 본 발명의 실시예에 이용될 수 있는 제 1 및 제 2 검출장치의 다른 구성을 나타내는 설명도.
- 도 9는 본 발명의 실시예에 이용될 수 있는 제 1 검출장치의 다른 구성을 나타내는 설명도.
- 도 10은 도 9의 제 1 검출장치를 시료에서 본 하면도.
- 도 11은 본 발명의 실시예에 이용될 수 있는 제 1 검출장치의 다른 구성을 나타내는 설명도.
- 도 12는 본 발명의 제 4 실시예의 리타팅 방식의 주사 전자 현미경의 구성을 나타내는 블록도.
- 도 13은 도 3의 주사 전자 현미경에 있어서, 시료로부터의 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)에 의한 제 1 검출장치(150)의 방출선(122)의 방출과, 제 1 검출장치(150)의 송출선(123)으로부터 방출되는 신호 이차 전자의 편향

를 설명하는 설명도.

도 14는 도 3의 조사 전자 빔의 끝의 제 1 검출장치(40)와 신호레이터(39)의 구성을 나타내기 위한 (a) 단면도, (b) 하면도, (c) 측면도이다.

※도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- | | |
|----------------|----------------|
| 1 : 전자선원 | 2 : 조사 코일 |
| 3 : 대물 렌즈 | 4 : 자로 |
| 5 : 여자 코일 | 6 : 신호레이터 |
| 7 : 라이트 가이드 | 8 : 광전자상 배관 |
| 9 : 시료 | 10 : 배관 통 |
| 11 : 전계 | 12 : 전압레이터 |
| 13 : 라이트 가이드 | 14 : 광전자 증배관 |
| 15 : 반사 전자 | 16 : 여자 전자 |
| 16b : 신호 여자 전자 | 17 : 시료 홀드 |
| 19 : 전자 빔 | 20 : 편향 전압 |
| 21 : 편향 전극 | 22 : 편향 전극 |
| 23a : 편향 코일 | 23b : 편향 코일 |
| 24 : 반사판 | 25 : 조리개 |
| 26 : 상 조사 코일 | 27 : 하 조사 코일 |
| 29 : 편향시 렌즈 | 29 : 양극 |
| 30 : 제어전극 | 31 : 전계 방출 전극 |
| 32 : 제어 전압 | 33 : 가속 전압 |
| 34 : 인출 전극 | 35 : 서프레이스 전극 |
| 36 : 서프레이스 전압 | 37 : 인출 전압 |
| 38 : 가열 전압 | 38 : 신호레이터 |
| 40 : 라이트 가이드 | 41 : 광전자 증배관 |
| 42 : 전계 제어전극 | 43a : 전극 |
| 43b : 전극 | 44a : 편향 코일 |
| 44b : 편향 코일 | 46 : 후단 가속 전극 |
| 47 : 후단 가속 전압 | 48 : 편향 구동 |
| 49 : 제어전극 개구 | 50 : 메시 전극 |
| 51a : 노치 | 51b : 노치 |
| 52 : 억제 전압 | 53 : 조정 손잡이 |
| 54 : 음속판 | 55 : 제 1 가속 전압 |
| 56 : 제 2 가속 전압 | 57 : 제 1 가속 전극 |
| 58 : 제 2 가속 전압 | 59 : 분할 저항 |
| 60 : 상부 개구 | 61 : 하부 개구 |
| 62 : X선 검출장치 | 63 : 절연 매자 |
| 64 : 라이트 가이드 | 65 : 광전자 증배관 |
| 66 : 편향 코일 | 67 : 편향기 |
| 68 : 편향기 | 69 : 라이트 가이드 |
| 70 : 광전자 증배관 | 71 : 신호레이터 |

본 발명의 상세한 설명

본 발명의 목적

본 발명에 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 주사 전자 현미경에 관한 것으로, 특히 일차 전자 빔의 가속 전압을 시료 입사 직전에 제어시키는 리터링법을 이용하는 주사 전자 현미경에 관한 것이다.

먼저 종래의 일반적인 주사 전자 현미경의 기본 구성을 도 1을 이용하여 설명한다. 전자총원(도시 생략)으로부터 시료(9)를 향하여 조사된 전자 빔(19)은 시료(9)상을 여러 절단한 경로로 미쳐와 주사하도록 주사 코일(2)로 편향된다. 주사 코일(2)을 통과한 전자 빔(19)은 자로(4)와 여자 코일(5)로 구성되는 대물 렌즈(3)로 가늘게 조절되어 시료(9)에 조사된다. 전자 빔(19)의 조사에 의하여 시료(9)로부터 이차 전자(16)와, 전자 빔(19)의 반사 전자(15)가 발생한다.

대물 렌즈(3)와 시료(9)사이에는 전자 빔(19)의 경로상에 선형레이터(scintillator)(6)가 배치되고, 전자 빔(19) 경로의 가늘게 조절된 부분(610)내에 선형레이터(612)가 배치되어 있다.

시료(9)로부터 발생한 이차 전자(16)는 그 에너지가 2eV로 작기 때문에 정의 고 전압(10kV)에 민감한 선형 레이터(612)의 전계(11)로 흡인, 가속되어 선형레이터(612)를 발광시킨다. 발생한 광은 라이드 가이드(618)내를 전달하여 광전자 증배관(614)으로 들어가 전기 신호로 증폭·변환된다.

시료(9)에 의한 반사 전자(15)는 전자 빔(19)이 시료(9)에 조사된 지점의 에너지(예를 들어 10kV)와 대략 동일 에너지를 가지고 있기 때문에 선형레이터(612)의 전계(11)에 흡인되는 일 없이도 1과 같은 전자 빔(19)에 역방향으로 진행하고, 선형레이터(6)에 입사하여 이것을 발광시킨다. 이 광은 라이드 가이드(7)를 전달하여 광전자 증배관(8)에 입력되어 전기 신호로 변환된다.

이 광전자 증배관(8 및 614)의 출력 감도를 위도 변조로 하고, 주사 코일(2)이 주사한 시료(9)상의 위치와 대응시켜 CRT상에 표시함으로써 시료의 형상 상을 표시할 수 있다.

종래, 반도체 산업에서는 프로세스 가공상의 결핀층 확인과상의 형상 검사에 광학 현미경을 이용하고 있으나, 최근, 미세화가 진행되었기 때문에 광학 현미경으로는 분해능이 충분하게 되어 주사 전자 현미경이 이용되게 되었다. 반도체 산업에서 관측하는 시료는 주로 절연물이기 때문에 전자 조사를 시료에 대전하는 것을 방지하기 위하여 조사할 전자 빔(일차 전자 빔)의 에너지(가속 전압)를 1kV이하로 할 필요가 있다.

그러나 주사 전자 현미경에 있어서, 가속 전압을 낮게 하면, 일차 전자 빔을 가늘게 조절하는 것이 곤란하게 된다. 그 때문에 최근에는 고가속 전압(예를 들어 2kV)의 일차 전자 빔을 대물 렌즈로 가늘게 조절한 후, 대물 렌즈와 시료사이의 민감한 감속 전계(예를 들어 -1kV)에 의하여 시료에 입사하여 역전에 일차 전자 빔의 가속 전압을 제어시키는 리터링법이 실용되게 되었다. 예를 들어 Ultramicroscopy 41(1992)의 402페이지 도 32, SPIE Vol. 2725(1996)의 105 ~ 113페이지에 기재되어 있다.

이 리터링법에서는 대물 렌즈(3)를 통과할 때의 전자 빔의 에너지를 시료에 조사할 때의 에너지보다도 높은 소량의 에너지로 설정할 수 있다 때문에 전자 빔의 에너지의 분산에 의하여 생기는 색수차를 크게 할 수 있고, 전자 빔을 가늘게 조절할 수 있다는 이점이 있다. 그 한편, 시료에서 발생한 이차 전자가 대물 렌즈와 시료사이의 감속 전계에 의하여 가속되어 대물 렌즈내로 흡인되고 대물 렌즈에 의하여 렌즈 작용을 받아 초점을 만들면서 전자선상 폭을 향하여 진행하기 때문에 이차 전자의 경축이 곤란하게 된다는 문제도 있다.

상기 SPIE Vol. 2725(1996)의 105 ~ 113 페이지에 기재되어 있는 기술에서는 가속된 이차 전자를 검출하기 위하여 대물 렌즈보다도 전자선상 폭에 금속체의 반사판을 배치하여 두고, 이것에 가속된 이차 전자를 충돌시켜 반사함으로써 다시 이차 전자(신호 이차 전자란 함)를 발생시켜 이 신호 이차 전자를 전계에 의하여 편향하고, 검출장치에 의하여 검출하는 구성이 개시되어 있다.

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

대물 렌즈의 색수차를 저감하기 위해서는 대물 렌즈를 통과할 때의 일차 전자 빔의 가속 전압이 높은 쪽이 바람직하다. 리터링법에서는 일차 전자 빔의 가속 전압과 감속 전계의 자가 시료에 입사하는 전자 빔의 에너지가 되기 때문에 예를 들어 가속 전압 5kV의 일차 전자 빔을 -4kV의 감속 전계에 의하여 1kV로 감속하여 시료에 입사시키는 경우나 또한 고가속 전압의 일차 전자 빔을 1kV까지 감속하여 시료에 입사시키는 경우를 생각할 수 있다. 그러나 상기와 같은 리터링법에서는 시료로부터의 이차 전자가 반대로 감속 전계에 의하여 가속되기 때문에 예를 들어 감속 전계가 -4kV의 경우에는 이차 전자는 4kV로 가속된다.

상기 SPIE Vol. 2725(1996)의 105 ~ 113 페이지에 기재되어 있는 반사판에 의하여 시료로부터의 이차 전자를 효율 좋게 검출하기 위해서는 반사판으로 고효율로 신호 이차 전자를 발생시킬 필요가 있다. 일반적으로 이차 전자의 발생 효율은 물체에 입사한 일차 전자의 에너지가 300V ~ 1kV일 때, 가장 높아(1 이상)지고, 1kV를 초과하면 저감하는 것이 알려져 있다. 그 때문에 감속 전계의 크기를 1kV보다도 크게 하면, 반사판에 충돌하는 이차 전자의 에너지가 1kV를 초과하게 되기 때문에 반사판에서의 신호 이차 전자의 발생 효율이 저하하고, 시료로부터의 이차 전자의 검출 효율이 저감하게 된다. 이와 같이 상기 반사판을 이용하는 검출 방법에서는 감속 전계의 크기를 1kV이상으로 하면 검출 효율이 저하하기 때문에 대물 렌즈 통과 시의 전자 빔의 에너지를 그다지 크게 할 수 없다는 문제가 있다.

또 시료에 의하여 반사한 반사 전자는 반사시의 에너지가 입사시의 거의 동일하기 때문에 예를 들어 1kV의 전자 빔을 시료에 입사시킨 경우에는 반사 전자의 에너지는 약 1kV가 된다. 이 반사 전자가 대물 렌즈와 시료사이의 감속 전계에 의하여 더욱 가속함으로써 전자 빔의 가속 전압과 동일 전압까지 가속된다. 이 때문에 감속 전계의 크기가 1kV이하라도 반사 전자는 2kV로 반사판에 충돌하게 되기 때문에 반사판에 있어서의 신호 이차 전자의 발생효율이 낮아진다. 그 때문에 상기 반사판을 이용하는 방법에서는 반사 전자를 효율 좋게 검출할 수 없다는 문제도 있다.

본 발명은 리터링법을 이용하면서 시료로부터의 이차 전자 및 반사 전자를 가속 전압 및 감속 전계의 크기에 상관없이 효율 좋게 검출할 수 있는 주사 전자 현미경을 제공하는 것을 목적으로 한다.

회로와 구성 및 작동

본 발명은 상기 목적을 달성하기 위하여 아래와 같은 주사 전자 현미경을 제공한다.

즉 시료를 유지하는 시료 홀더와, 상기 전자를 가속하여 상기 시료를 통하여 전자 빔을 출사하는 전자선원과, 상기 전자 빔을 시료상에 주사시키는 주사 수단과, 상기 전자 빔을 상기 시료상에 집속시키는 대물 렌즈와, 상기 시료상의 공간에 상기 전자 빔을 감속시키는 감속 경계를 형성하는 감속 경계 형성 수단과, 상기 전자 빔의 조사에 의하여 상기 시료로부터 방출되는 이차 전자 및 반사 전자의 적어도 한쪽에 의하여 구성되는 이차 신호를 감속하기 위한 감속장치를 구비하고,

상기 감속장치는 제 1 감속장치와 제 2 감속장치를 구비하며,

상기 제 1 감속장치는 상기 이차 신호가 출출하는 위치에 배치되어 상기 이차 신호를 감속함과 동시에 상기 이차 신호의 출출에 의하여 다시 이차 전자를 방출하는 구성이며,

상기 제 2 감속장치는 상기 제 1 감속장치가 방출한 이차 전자를 감속하는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경을 제공한다.

(실시예)

이하, 본 발명의 실시예의 주사 전자 현미경에 관하여 도를 이용하여 설명한다.

먼저 제 1 실시예의 주사 전자 현미경에 관하여 도 3을 이용하여 설명한다.

시료(8)는 도전성 시료 홀더(17)에 탑재된다. 시료 홀더(17)는 절연대(16)를 거쳐서 수평 위치를 조절하기 위한 시료 스테이지(119)상에 설치되어 있다.

전자선원(1)은 시료(8)에 대향하도록 배치된다. 전자선원(1)과 시료(8)사이에는 본딩서 렌즈(26), 조리개(25), 상 주사 코일(26), 하 주사 코일(27), 신발레미터(39), 이차 전자 편향장치(101), 대물 렌즈(3)가 전자 빔(19)의 축상에 순서대로 배치되어 있다.

신발레미터(39)는 도 14(a), (b), (c)에 나타내는 바와 같이 선단부 비스듬히 절라면 둘은 극대가 모양의 라이트 가이드(40)의 선단의 하측면 상에 배치되어 있다. 신발레미터(39)는 발광층(122)과 발광층(122)을 덮는 금속층(123)에 의하여 형성된다. 라이트 가이드(40)상에 배치되는 발광층(122)은 전자가 입사하면 발광하는 형광체 또는 단결정 YAG 등에 의하여 형성된다. 금속층(122)은 발광층(122)의 대전을 방지함과 동시에 본 실시예에서는 시료로부터의 이차 전자의 입사에 의하여 다시 이차 전자(신호 이차 전자)(16b)를 방출하기 위하여 배치되어 있다. 따라서 금속층(123)은 이차 전자의 방출효율이 높은 Au 나 시에 의하여 형성된다. 또 라이트 가이드(40)의 선단의 상측면에는 발광층(122)이 발한 광을 전반사하여 라이트 가이드(40)를 통과시키기 위하여 반사층(121)이 배치되어 있다. 라이트 가이드(40)는 마이크로 또는 유리로 이루어진다. 라이트 가이드(40)의 비스듬히 절라면 선단에는 전자선원(1)으로부터 방출된 전자 빔(19)을 통과시키기 위한 원통구멍(49)이 마련되어 있다. 라이트 가이드(40)의 반대쪽 끝부에는 광전자 증배관(41)이 설치되어 있다. 신발레미터(39), 라이트 가이드(40) 및 광전자 증배관(41)은 제 1 감속장치(150)를 구성하고 있다.

이차 전자 편향장치(101)는 신발레미터(39)의 금속층(123)에 의하여 발생한 신호 이차 전자(16b)를 전자 빔(19)의 축과 직교하는 방향으로 굴절하기 위하여 배치되어 있다. 이차 전자 편향장치(101)는 도 3, 도 14와 같이 한쌍의 편향 전극(21, 22) 및 편향 코일(23a, 23b)에 의하여 구성된다. 편향 전극(21, 22)은 전자 빔(19)의 축과 직교하는 방향으로 굴절 전계(E)를 인가하도록 배치되어 있다. 편향 코일(23a, 23b)은 굴절 전계(E)와 직교하는 방향에서, 또한 전자 빔(19)과 직교하는 방향으로 자계(B)를 인가하도록 배치되어 있다. 전극(21)과 인가되는 편향 전극(22)은 동일한 신호 이차 전자(16b)를 통과시키기 위한 양 도양의 전극이다. 자계(B)는 굴절 전계(E)에 의하여 전자 빔(19)이 편향하는 것을 제거하는 작용을 한다. 이로써 전자 빔(19)의 직진성을 유지한다.

광 모양의 편향 전극(22)의 뒤쪽에는 동일한 이차 전자를 감속하기 위한 신발레미터(12)가 배치되어 있다. 신발레미터(12)는 라이트 가이드(13)의 한쪽 끝에 배치되어 있다. 라이트 가이드(13)의 다른 쪽 끝에는 광전자 증배관(14)이 설치되어 있다. 신발레미터(12), 라이트 가이드(13) 및 광전자 증배관(14)은 제 2 감속장치(151)를 구성하고 있다.

이와 같이 편향 전극(22)을 양 모양으로 형성하는 이유는 신발레미터가 형성하는 감전계의 영향을 전자 빔에 부여하지 않도록 하기 위해서다.

또한 도시 생략하였으나, 광전자 증배관(14, 41)에는 이를 출력할 합산 또는 각각 단독으로 휘도 변조신호로 하고, 상하 주사코일(26, 17)의 주사현상과 대동시함으로써 화상신호를 작성하고, CRT에 시료상을 표시시키는 화상 제어장치가 접속되어 있다.

전자선원(1)은 쇼트키 형의 전자원(36)과 전자원(36)을 통한 가열하기 위한 가열 전원(38), 서프러시 전극(35), 인출 전극(34), 제어전극(30), 양극(29)을 갖는다. 쇼트키 형의 전자원(36)은 가열 전원(38)에 의하여 동전 가열된다. 인출 전극(34)에는 전자원(36)에 대하여 인출 전압(37)이 인가되고, 이로써 전자원(36)이 전자를 방출한다. 서프러시 전극(35)에는 억제 전압(52)이 인가된다. 억제 전압(52)은 부극압으로 쇼트키 전자원(36)의 선단 면에서 방출되는 전자를 억제한다. 제어전극(30)에는 제어 전압(32)이 인가되고, 전자 빔(19)의 세도를 제어한다. 양극(29)에는 소량의 전압으로 설정된 가속 전압(33)이 인가되고, 전자원(36)으로부터 인출된 전자를 설정된 가속 전압으로 가속하고, 전자 빔(19)을 형성하는 구성이다.

대물 렌즈(3)는 자로(4)와 이차 코일(5)에 의하여 구성된다. 자로(4)는 접지되어 있다. 한편, 시료(8)에는 도전성의 시료 홀더(17)를 거쳐서 부의 축상 전압(29)이 인가되어 있다. 이로써 시료(8)와 대물 렌즈(3)사이의 공간에는 전자 빔(19)을 감속시키는 감속 경계가 형성된다.

여기서 가속 전압(33)으로서 5kV를 설정하고, 시료(9)에 인가하는 중첩 전압(20)으로서 -5kV를 설정하여 1kV의 에너지 전자 빔(19)을 시료(9)에 입사시켜 관찰을 행하는 경우의 구조의 동작에 관하여 설명한다.

전자선원(1)으로부터 고가속 전압 5kV로 방출된 전자 빔(19)은 대물 렌즈(3)를 통과한 후, 상주자 코일(26) 및 하주자 코일(27)에 의하여 시료(9)상에 주사하도록 편향된다. 이때 상주자 코일(26) 및 하주자 코일(27)은 편향한 전자 빔(19)에 한쌍 대물 렌즈(3)의 중심을 지나도록 편향한다. 이로써 대물 렌즈(3)의 중심으로부터 전자 빔(19)이 어긋남으로써 수차가 생기는 것을 방지할 수 있다. 또한 대물 렌즈(3)를 통과할 때의 전자 빔의 제1광축은 조리개(25) 개구부의 크기에 의하여 결정된다. 또 조리개(25)에 설치되어 있는 조절 손잡이(53)는 조리개(53)의 센터링에 이용된다.

상주자 코일(26) 및 하주자 코일(27)에 의하여 주사된 전자 빔(19)은 라이트 가이드(40) 및 신일레이터(39)의 광학 구멍(40)을 통과한 후, 미차 전자 편향장치(18)를 통과한다. 이때 전자 빔(19)은 편향 전극(21, 22)간의 종인 경계(5)의 영향을 받으나, 편향 코일(22a, 22b)의 자계가 이 영향을 제거하도록 작용하기 때문에 결과적으로 전자 빔(19)은 미차 전자 편향장치(18)에 의한 영향을 받지 않고 직진한다. 직진한 전자 빔(19)은 대물 렌즈(3)를 통과함으로써 가늘게 조절되어 시료상에 집중된다.

대물 렌즈(3)를 통과한 시료의 전자 빔(19)의 에너지는 가속 전압 5kV에 상응하는 에너지이며, 시료(9)와 대물 렌즈(3)사이에 형성되어 있는 금속 경계에 의하여 감속된다. 따라서 시료(9)에 입사 전자로서 입사하는 시료의 전자 빔(19)의 에너지는 5kV의 가속 전압(33)에 -5kV의 중첩 전압(20)을 합산한 1kV의 전압에 상응하는 값이 된다.

1kV의 전자 빔(19)이 시료(9)에 입사하면, 시료(9)로부터는 미차 전자(16)가 방출됨과 동시에 전자 빔(19)이 시료(9)에서 반사한 반사 전자(15)가 생긴다. 반사 전자(15)는 시료(9)에 입사한 시료의 전자 빔(19)과 동일 에너지로 가지고 귀환으로 반사되기 때문에 반사 전자(15)는 반사한 시점에서 1kV의 에너지를 가지게 된다. 한편, 미차 전자(16)의 에너지는 방출된 시점에서는 대략 0에 가깝다.

시료(9)로부터 방출한 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)는 대물 렌즈(3)와 시료(9)사이에 만들어진 감속 경계에 의하여 가속되고, 대물 렌즈(3)내로 출현한다. 그리고 대물 렌즈(3)의 자계에서 렌즈 작용을 받은 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)는 초점을 만들면서 전자선원(1)쪽을 향하여 출현한다. 출현한 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)는 신일레이터(39)에 출현한다. 신일레이터(39)에 출현하는 미차 전자(16)의 가속 전압은 감속 경계의 중첩 전압(20)과 동등한 5kV가 된다. 또 반사 전자(15)의 가속 전압은 반사한 시점의 1kV와 중첩 전압(20)의 5kV를 더한 6kV가 된다.

반사 전자(15) 및 미차 전자(16)가 신일레이터(39)에 출현하면, 도 13과 같이 신일레이터(39) 표면의 금속층(123)으로부터 미차 전자(신호 미차 전자라 함)(18b)가 방출된다. 또 반사 전자(15) 및 미차 전자(16)의 에너지가 큰 경우에는 금속층(123)을 통과하여 발광층(122)에 도달하고, 발광층(122)을 발광시킨다.

금속층(123)으로부터 방출된 신호 미차 전자(18b)는 편향 전극(21)과 편향 전극(22)이 만드는 전계에서 편향되고, 편향 전극(22)의 배치를 통과하여 10kV(정전하)가 인가된 신일레이터(12)에 의하여 가속되고, 신일레이터(12)에 출현하여 이것을 발광시킨다. 발광한 광은 라이트 가이드(13)를 통과하여 광전자 증배관(4)으로 유입되고, 전기 신호로 변환된다(제 2 검출장치(151)에 의한 검출).

한편, 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)의 투과에 의한 신일레이터(39)의 발광층(122)의 발광은 반사층(121)에서 반사되고, 라이트 가이드(40)로 광전자 증배관(41)으로 유입되고, 전기 신호로 변환된다(제 1 검출장치(150)에 의한 검출).

도시 설명한 화상 계측장치는 광전자 증배관(14)과 광전자 증배관(40)의 전기 신호를 가산하여 CRT의 휘도 신호로 하고, 상하 주사 코일(26, 27)의 주사량과 대물시료으로써 화상신호를 작성하고, CRT에 시료상을 표시시킨다.

본 실시예에서는 가속 전압(33)을 5kV로 시료(9)의 중첩 전압(20)을 -5kV로 설정하고 있기 때문에 신일레이터(39)에 출현하는 미차 전자(16)의 에너지는 5kV로, 반사 전자(15)의 에너지는 6kV로 된다. 결과적으로 미차 전자(16)의 발광효율은 종래에 입사한 전자(19)의 에너지가 300V ~ 1kV의 경우에 가장 높게 1 이상이고, 1kV를 초과하면 급격하게 저감하기 때문에 본 실시예의 경우에는 신일레이터(39)의 표면에서의 신호 미차 전자(18b)의 발광 효율은 1 이상(가 되고, 제 2 검출장치(151)에 의한 신호 미차 전자(18b)의 출력은 높아진다. 그러나 본 실시예에서는 금속층(123)의 밑에 발광층(122)을 배치하여 제 1 검출장치(150)를 구성하고 있기 때문에 5kV의 미차 전자(16) 및 6kV의 반사 전자(15)를 제 1 검출장치(150)의 광전자 증배관(41)에 의하여 검출할 수 있다. 따라서 본 실시예에서는 시료(9)에 인가하는 중첩 전압(20)의 크기가 1kV 정도 이하인 경우에는 미차 전자(16)는 제 2 검출장치(151)에 의하여 효율 좋게 검출할 수 있고, 중첩 전압(20)의 크기가 1kV정도 이상의 경우에는 미차 전자(16)는 제 1 검출장치(150)에 의하여 효율 좋게 검출할 수 있다. 또 반사 전자(15)는 가속 전압(33)이 1kV정도 이하인 경우에는 제 2 검출장치(151)에 의하여 효율 좋게 검출할 수 있고, 1kV정도 이상의 경우에는 제 1 검출장치(150)에 의하여 효율 좋게 검출할 수 있다.

마와 같이 본 실시예의 도 3의 주사 전자 현미경에서는 신호 미차 전자(18b)를 발생시키는 금속층(123) 밑에 발광층(122)을 배치하여 제 1 검출장치(150)를 구성하고 있기 때문에 제 1 검출장치(150)와 제 2 검출장치(151)가 서로 검출 효율을 보전한다. 따라서 시료(9)에의 중첩 전압(20) 및 가속 전압(33)이 고정인지의 여부에 관계없이 시료(9)로부터의 반사 전자(15) 및 미차 전자(16)를 고효율로 검출할 수 있다.

여기서 제 1 검출장치(150)의 출력과 제 2 검출장치(151)의 출력이 서로 보완하는 것을 도 4(a), (b), 도 4(c), (d)를 이용하여 구체적으로 나타낸다.

도 4(a), (b)는 시료(9)에 입사하는 전자 빔(19)의 에너지가 1kV가 되도록 가속 전압(33)의 크기를 변화시키면서 중첩 전압(20)의 크기를 변화시킨 경우의 미차 전자(16)에 의한 제 1 검출장치(150)의 광전자 증배관(41)의 출력 및 제 2 검출장치(151)의 광전자 증배관(41)의 출력을 각각 나타낸 것이다. 시료(9)의 재질 등에 의하여 이 감속 전계를 조정할 필요가 있는 경우에, 마와 같은 조건으로 관찰이 행하여진다. 도 4(c)로부터 분명한 바와 같이 제 1 검출장치(150)의 광전자 증배관(41)의 출력은 가속 전압(33)이 높아질

에 따라 증가한다. 한편, 도 4(b)에서 설명한 바와 같이 제 2 검출장치(151)의 출력은 미차 전자(16)의 에너지가 1kV가 되는 가속 전압(33)이 2kV부근에서 최대가 되고, 그것보다 큰 가속 전압(33)에서는 서서히 감소한다. 따라서 가속 전압(33)의 증가에 따라 제 2 검출장치(151)의 출력이 저하하면, 제 1 검출장치(150)의 출력이 증가하도록 작동하기 때문에 양 검출장치의 출력은 서로 보완하고, 양자의 출력을 합산함으로써 출력의 저하를 방지할 수 있고, 검출 효율을 일정 이상으로 유지할 수 있다.

다음에 도 6(a), (b)는 중첩 전압(20)의 크기를 1kV로 고정하고, 가속 전압(33)을 변화시킨 경우의 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)에 의한 제 1 검출장치(150)의 광전자 증배관(41)의 출력 및 제 2 검출장치(151)의 광전자 증배관(44)의 출력을 각각 나타낸 것이다. 시료(9)에 의한 반사 전자(15)는 시료(9)에 입사하였을 때의 전자 빔(일차 전자 빔)(19)과 대략 동일 에너지를 가지고 뒤쪽으로 반사된다. 이 때문에 가속 전계를 지나 대물 렌즈(3)내로 흡인되었을 때의 반사 전자(15)의 에너지는 가속 전압(33)과 동일하게 된다. 한편, 미차 전자(16)는 시료(9)로부터 방출되었을 때의 에너지가 대략 0이기 때문에 가속 전계를 지나 대물 렌즈(3)내로 흡인되었을 때의 에너지는 중첩 전압(20)의 경우 1kV와 동일하게 된다.

따라서 미차 전자(16)는 가속 전압(33)의 에너지에 상응하며 이 경우는 항상 1kV이기 때문에 신일레미터(39)에 충돌하였을 때 항상 효율 좋게 일정한 신호 미차 전자(16)를 방출시킨다. 따라서 미차 전자(16)에 의한 제 2 검출장치(151)의 출력은 도 6(b)와 같이 일차 전자 빔 에너지에 상관없이 항상 일정한 출력 이 된다. 한편, 반사 전자(15)는 가속 전압(33)이 1kV정도(일차 전자 빔 19의 에너지가 0에 가까운)인 경우에는 신일레미터(39)에 충돌하는 반사 전자(15)가 1kV정도가 되기 때문에 반사 전자(15)는 신호 미차 전자(16)를 효율 좋게 방출시키나, 가속 전압(33)이 높아지면(일차 전자 빔 19의 에너지가 높아짐), 방출 효율이 저하된다. 이 때문에 제 2 검출장치(151)의 출력은 미차 전자(16)와 반사 전자(15)에 의한 신호 미차 전자(16)의 합이 되고, 도 6(b)의 실선으로 나타내는 바와 같이 가속 전압(33)이 커짐에 따라 서서히 감소하는 경향을 나타낸다.

또 일차 전자 빔(19)의 에너지가 높아지면, 반사 전자(15)의 에너지도 높아지고, 신일레미터(39)의 방출효율이 상승하기 때문에 제 1 검출장치(150)는 도 6(a)에 나타내는 바와 같이 차례로 증가하는 경향을 가진다.

따라서 본 실시예와 같이 양 검출장치의 출력을 가산함으로써 도 6(a), (b)의 출력의 감소를 서로 보완하여 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)를 효율 좋게 검출할 수 있고, 검출 효율을 일정 이상으로 유지할 수 있다.

이와 같이 제 1 실시예의 주사 전자 현미경에서는 반사 전자(15) 및 미차 전자(16)의 출력에 의하여 신호 미차 전자(16b)를 방출함과 동시에 반사 전자(15) 및 미차 전자(16)의 에너지가 큰 경우에는 방출하는 제 1 검출장치(150)를 폐지한 것에 의하여 가속 전압(33), 중첩 전압(20)의 크기에 관계없이 항상 효율 좋게 반사 전자(15) 및 미차 전자(16)를 검출할 수 있다. 따라서 가속 전압(33)을 2kV보다도 더 높은 전압으로 설정하고, 본면서 렌즈(20) 및 대물 렌즈(3)의 색수차를 작게 하여 보다 보려짐과 높은 시료(9)의 주사율을 얻을 수 있다.

또한 상기한 바와 같이 제 1 검출장치(150)의 광전자 증배관(41)으로 검출되는 것은 금속층(123)을 투과하고, 방출층(122)에 도달하는 에너지를 가진 반사 전자(15) 및 미차 전자(16)이다. 반사 전자(15)는 제 1 검출장치(150)에 충돌할 때는 가속 전압(33)과 동일한 에너지를 가지며 미차 전자(16)는 중첩 전압(20)과 동일한 에너지를 가진다. 그래서 금속층(123)의 두께를 조절함으로써 방출층(122)에 방출시키는 에너지의 강도를 선택하여 방출층(122)에 도달시키게 할 수 있기 때문에 제 1 검출장치(150)의 광전자상 배관(41)으로 검출하는 전자(16)의 에너지를 금속층(123)의 두께로 선택하는 구성으로 하는 것이 가능하다. 예를 들어 금속층(123)의 두께를 1kV미만의 전자는 통과할 수 있으나, 1kV미만의 전자는 통과할 수 없는 두께(예를 들어 20nm정도)로 설정한다. 이 경우, 중첩 전압(20)의 크기를 1kV로 설정하고, 가속 전압을 1kV보다 큰 전압으로 설정하면, 미차 전자(16)는 1kV로 금속층(123)에 충돌하기 때문에 금속층(123)에서 신호 미차 전자(16b)를 방출시키나, 방출층(122)에는 도달하지 않는다. 한편, 반사 전자(15)는 가속 전압과 동일한 1kV보다 큰 에너지를 가지기 때문에 신호 미차 전자(16b)의 방출은 적으나, 방출층(122)에는 도달하여 방출시킨다. 따라서 제 1 검출장치(150)의 광전자 증배관(41)에서는 반사 전자(15)가 검출되고, 제 2 검출장치(151)의 광전자 증배관(44)에서는 미차 전자(16)가 검출되게 할 수 있고, 제 1 검출장치(150)와 제 2 검출장치(151)에서 반사 전자(15)와 미차 전자(16)를 분리하여 검출하는 것이 가능하게 된다.

이 경우에는 제 1 검출장치(150)의 출력과, 제 2 검출장치(151)의 출력을 합산하지 않고, 어느 한쪽 만 선택하여 03에 표시시킴으로써 반사 전자(15)에 의한 반사 전자(15)에 의한 시료상 또는 미차 전자(16)에 의한 시료상을 선택하여 표시하는 것이 가능하게 된다.

또 반사 전자상을 선택적으로 검출할 수 있기 때문에 반사 전자가 가지는 특유의 정보에 의거하는 시료상을 구축할 수도 있다. 앞서 소개한 SPIE Vol. 2725(1996)의 103 ~ 112페이지에 기재되어 있는 기술에서는 반사전자 충돌하여 얻어진 미차 전자와, 반사전자 충돌하지 않고 검출장치에 편향되는 미차 전자가 동일 검출장치로 검출되기 때문에 양자의 식별을 할 수 없다는 문제가 있었다.

반사 전자는 미차 전자와 비교하여 시료의 표면 구조에 관한 정보를 많이 가지고 있고, 반사 전자에 의거하는 시료상을 구축할 수 있으면, 표면 구조 해석을 보다 좋게 할 수 있다. 반대로 미차 전자에 의거하는 정보가 한정하게 되면, 표면구조가 희미해진다. 문제가 있다. 본 실시예 장치에 의하면, 반사 전자를 선택적으로 검출할 수 있기 때문에 상기 문제를 해결하는 것이 가능하게 된다.

이상, 반사 전자를 선택적으로 검출할 수 있음으로써 얻어지는 효과에 관하여 설명하였으나, 이경에도 설명한 바와 같이 미차 전자와 반사 전자를 검출하였을 때의 출력을 합성하는 기술도 검출 효율의 향상이란 점 전제에서는 중요한 기술이다. 본 실시예 장치에서는 관찰 목적에 따라 미차 전자상, 반사 전자상, 또는 양자의 합성상을 선택적으로 표시하는 것이 가능하게 된다.

또한 상기 제 1 실시예에서는 신일레미터(39)를 이용하여 제 1 검출장치(150)를 구성하였으나, 신일레미터(39)에 한하지 않고, 전자 빔(19)을 통과시키는 개구를 가진 반도체 검출장치를 이용하여 반도체 검출장치의 출력을 제 1 검출장치(150)의 출력으로 하는 것도 가능하다. 이 경우는 반도체 검출장치의 표면에서

발생한 신호 미차 전자(16b)를 제 2 검출장치(151)로 검출하는 것이 된다.

다음에 본 발명의 제 2 실시예에 의한 주사 전자 현미경에 관하여 도 5를 이용하여 설명한다. 도 5의 주사 전자 현미경에 있어서, 제 1 실시예의 주사 전자 현미경(도 3)과 동일 구성의 경우에는 동일 부호를 붙였다. 도 5의 주사 전자 현미경에서는 제 1 검출장치(150), 제 2 검출장치(151) 및 미차 전자 편향장치(101)를 상하 주사 코일(26, 27)과 조리개(25)사이에 배치하고 있다. 이와 같은 배치로 하는 이유는 신일래미터(39)와 라이트 가이드(40)에 대한 반동 구멍(48)의 직경을 도 3의 경우보다도 적게 할 수 있다는 데 있다.

그 이유는 상하 주사 코일(26, 27)은 전자 빔(19)이 항상 대물 렌즈(3)의 중심을 통과하도록 대물 렌즈(3)에의 전자 빔(19)의 입사 각도를 주사시킨다. 그 때문에 상하 주사 코일(26, 27)과 대물 렌즈(3)사이에 제 1 검출장치(150)를 배치한 도 3 구성의 경우에는 라이트 가이드(40)의 반동 구멍(48)은 입사 각도의 주사되고 있는 전자 빔(19)이 통과할 수 있는 직경이 필요하다.

한편, 도 5의 경우에는 제 1 검출장치(150)는 상하 주사 코일(26, 27)보다도 전자선원(1)측에 배치되어 있기 때문에 반동 구멍(48)을 작은 직경으로 할 수 있다. 구체적으로는 예를 들어 도 3의 구성에서는 직경 4mm정도 필요하나, 도 5의 구성에서는 직경 1mm이하로 하는 것이 가능하게 된다.

이와 같이 도 5의 구성에서는 반동 구멍(48)의 직경을 작게 할 수 있기 때문에 시료(9)로부터의 미차 전자(16b) 및 반사 전자(15)를, 반동 구멍(48)을 빠져 나가 신일래미터(39)에 충돌하지 않는 전자와 비율을 감소시킬 수 있다. 따라서 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)의 검출 효율을 향상시킬 수 있다.

또 도 5의 배에서는 전자 빔(19)의 궤도를 따라 상승하는 반사 전자(15)를 효율 좋게 검출하기 위하여 하 주사 코일(27)과 대물 렌즈(3)사이에 편향기(155)를 배치하고 있다. 이 편향기(155)는 전자 빔(19)의 종 방향으로 작용하는 정전계를 인가하기 위한 한쌍의 전극(43a, 43b)과, 이 정전계에 작용한 자체를 가한 편향 코일(44a, 44b)로 구성되어 있다. 이 편향기(155)는 시료(9)를 향하여 진행하는 전자 빔(19)에 대해서는 정전계에 의한 편향과 자체에 의한 편향이 제거되도록 작용한다. 아래쪽에서부터 반대로 전자선원(1)을 향하여 상승하여 오는 미차 전자(16)와 반사 전자(15)에 대해서는 편향을 부여한다. 이 결과, 반사 전자(15) 및 미차 전자(16)가 신일래미터(39)에 충돌하는 위치를 반동 구멍(48)으로부터 어긋나게 할 수 있고, 검출 효율을 높일 수 있다. 특히 반사 전자(15)는 미차 전자(16)만큼 넓어지지 않고 전자 빔(19)의 궤도를 따라 상승하는 전자의 비율이 많기 때문에 이와 같이 편향시킴으로써 반동 구멍(48)을 빠져 나가는 반사 전자가 감소하고, 검출 효율을 효과적으로 높일 수 있다.

또한 도 5의 구성에서는 대물 렌즈(3)에 후단 가속 전극(46)을 배치하고 있다. 이 후단 가속 전극(46)에 전압의 후단 가속전압(47)을 인가함으로써 대물 렌즈(3)를 통과할 때의 전자 빔(19)의 가속을 더욱 높일 수 있다. 이로써 대물 렌즈(3)에 의한 색수차를 더욱 감소시킬 수 있기 때문에 보다 높은 분해능으로 시료(9)의 주사상을 얻을 수 있다.

또 도 5의 구성에서는 시료(9)상에 시료(9)를 당도록 전계 제어전극(42)을 배치하고 있다. 전계 제어전극(42)은 전자 빔(19)을 통과시키는 제어전극 개구(49)를 가지고 있다. 이 전계 제어전극(42)에는 시료(9)에 인가하고 있는 정전 전압(20)과 동일 전압을 인가한다. 이와 같이 전계 제어전극(42)을 배치함으로써 전계 제어전극(42)과 대물 렌즈(3)사이에 급속 전계를 형성할 수 있다. 전계 제어전극(42)과 시료(9)는 동일 전압이기 때문에 이들 사이에는 전계는 형성되지 않는다. 따라서 시료(9)에 강한 전계를 인가하는 불 없이 급속 전계를 형성할 수 있다는 이점이 있다. 이로써 시료(9)에 강한 전계가 인가됨에 의한 시료(9)의 파손을 방지할 수 있다. 또 시료(9)의 대전을 방지할 수 있다는 효과도 있다. 또한 시료 스테이지(19)로서 시료(9)를 움직일 수 있는 스테이지를 이용하고, 시료(19)를 움직이던 경우에 이 전계 제어전극(42)을 이동함으로써 급속 전계의 방향을 전자 빔(19)의 축방향으로 가할 수 있다. 이로써 정사선 시료(9)로부터의 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)를 급속 전계에서 가속하여 전자선원(1)을 향하여 상승시킬 수 있기 때문에 시료(9)를 움직이던 경우에도 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)의 검출 효율을 고율로 유지할 수 있다.

또한 도 5의 구성에서는 상주사 코일(26)과, 조리개(25)사이에 제 1 및 제 2 검출장치(150, 151)를 배치하고 있으나, 또한 하주사 코일(27)과 대물 렌즈(3)사이에 또 한 세트의 제 1 및 제 2 검출장치(150, 151)를 추가하여 배치한 구성으로 하는 것도 가능하다. 이와 같이 두 세트의 검출장치를 구비한 경우에는 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)를 전자 빔(19)의 축방향에 대하여 큰 확산각을 가지고 방출된 전자는 하주사 코일(27)과 대물 렌즈(3)사이에 제 1 및 제 2 검출장치(150, 151)에 검출된다. 한편, 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)를 전자 빔(19)의 축방향에 대한 확산각이 작아 전자 빔(19)의 축방향을 따라 상승하는 전자는 하주사 코일(27)과 대물 렌즈(3)사이에 제 1 검출장치(150)의 반동 구멍(48)을 통과하고, 상주사 코일(26)과 조리개(25)사이에 제 1 및 제 2 검출장치(150, 151)에 의하여 검출된다.

이로써 위쪽 세트의 제 1 및 제 2 검출장치의 출력과, 아래쪽 세트의 제 1 및 제 2 검출장치의 출력에서는 항상 포터라스트가 각각 다른 특성으로 강조된 주사상에 얻어지기 때문에 소량의 포터라스트의 주사상을 선택할 수 있다. 또 상하 검출장치의 출력을 합성함으로써 미차 전자(16) 및 반사 전자(15)가 고율로 검출된 통상의 주사상에 얻어진다.

다음에 본 발명의 제 3 실시예의 주사 전자 현미경을 도 7을 이용하여 설명한다.

도 7의 구성에서 도 3 및 도 5의 구성과 동일한 경우에는 동일 부호를 붙여 설명을 생략한다. 도 7에서는 대물 렌즈(3)로부터 편향 장치(101)까지 미르로 형성된 후단 가속 전극(46)에 배치되어 있다. 후단 가속 전극(46)에는 후단 가속 전압(47)이 인가되어 있다. 시료(9)의 직전에서 전자 빔(19)이 가속되는 모양은 도 3과 동일하며, 저가속 전압에 있어서의 분해능 향상에 효과가 있는 방법이다. 신일래미터(39)에는 후단 가속 전극(46)과 동일 전압이 인가되어 있다. 배사 전극(22)에는 후단 가속 전압(52)보다 수 10V 정도의 높은 전압(51)이 부여되어 있다. 본 실시예에서는 하주사 코일(27)의 아래쪽의 편향기가 생략되어 있으나, 설치함으로써 반사 전자의 검출도 가능하게 되는 것은 물론이다.

다음에 제 2 실시예의 제 1 검출장치(150), 제 2 검출장치(151) 및 미차 전자 편향장치(101) 대신 이용할

수 있는 제 1 감속장치(250) 및 제 2 감속장치(251) 및 이차 전자 편향전극(250)을 도 8을 이용하여 설명한다. 제 1 감속장치(250)에 있어서, 신형레이터(239)는 중심축에 대하여 90°의 각도를 가진 전자 빔(19)의 통로로부터 어긋난 위치에 배치된다. 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)는 아래쪽에 놓여진 편향기(155)(도 8에서는 도시 생략)로 신형레이터(239)의 위치로 편향되고, 신형레이터(239)에 충돌한다. 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)에 의한 신형레이터(239)의 발광은 라이트 가이드(240)에 의하여 광전자 증배관(241)으로 유도되며 전기 신호로 변환된다. 한편, 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)가 신형레이터(239)에 충돌함으로써 발생한 신호 이차 전자(16b)는 정전압에 인가된 양 모양의 편향 전극(250)으로 흡인되어 편향 전극(250)을 통과한다. 그리고 편향 전극(250)의 아래쪽에 배치된 신형레이터(212)(10kV)에 충돌하여 신형레이터(212)를 발광시킨다. 발광한 광은 라이트 가이드(213)로 광전자 증배관(214)으로 유도되고, 전기신호로 변환된다.

도 8 구성의 특징은 신형레이터(239)에 전자 빔(19)을 통과시키는 관통 구멍(48)을 마련할 필요가 없는 것과, 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)가 신형레이터(239)에 비스듬히 입사하기 때문에 신호 이차 전자(16b)의 발생 효율이 향상하는 데 있다. 특히 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)의 에너지가 높을 때 신호 이차 전자(16b)의 발생 효율이 향상하는 효과가 크다. 또한 여기에서는 편향 전극(250)으로 이차 전자(16b)를 흡인하였으나, 이 편향 전극(250)이 만드는 전계와 격벽하는 자계를 부여하는 코일을 배치하고, 전자 빔(19)의 편향을 보정하는 것도 가능하다.

또한 도 5의 구성에 있어서도 편향기(155)에 의하여 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)가 신형레이터(239)에 충돌하는 축을 전자 빔(19)의 축에서 어긋나 있기 때문에 신형레이터(39)의 관통 구멍(48)을 없애고, 전자 빔(19)의 축에서 어긋나게 배치 할 수도 있다.

다음에 도 3 및 도 5의 실시예에서 제 1 감속장치(150) 대신 이용할 수 있는 제 1 감속장치(350)에 관하여 도 8 및 도 10을 이용하여 설명한다. 제 1 감속장치(350)는 두 개의 감속장치(350a, 350b)로 이루어진다. 두 개의 감속장치(350a, 350b)는 각각의 신형레이터(339a, 339b)를 서로 맞대게 배치된다. 전자 빔(19)은 신형레이터(339a, 339b)전단의 노치(351a, 351b)부분을 통과한다. 이 노치(351a, 351b)를 마련함으로써 신형레이터(339a, 339b)사이의 간극을 크게 할 수 있다. 제 1 감속장치(350)의 출력은 광전자 증배관(341a, 341b)의 출력률 개선을 위한 것으로 한다. 각각의 광전자 증배관(341a, 341b)의 전기 신호는 시료(9)의 형상을 변경하기 때문에 형상 관찰 또는 자수 계측의 정보로서 이용하는 것도 가능하다. 또한 신형레이터(339a, 339b)에서 발광한 이차 전자는 제 1 감속장치(150)와 동일하게 제 2 감속장치(151)에서 감속된다.

또한 도 9, 도 10의 구성에서 감속장치(350a, 350b)사이의 전자빔(19)이 통과하는 간극을 마련하고, 노치(51a, 51b)를 생략하는 것도 가능하다. 또한 감속장치를 4개를 맞대는 것도 가능하며, 이 경우에는 시료의 형상 정보를 보다 상세하게 얻는 것에 가능하게 된다.

또한 도3의 제 1 감속장치(150)대신 이용할 수 있는 제 1 감속장치(450)에 관하여 도 11을 이용하여 설명한다. 도 11에 나타낸 제 1 감속장치(450)는 신형레이터(39)의 관통구멍(48)의 주위를 남기고, 신형레이터(39)를 덮는 도넛형 금속판(54)을 설치한 구성이다. 금속판(54)은 반사 전자(15) 및 이차 전자(16)가 고에너지이더라도 통과할 수 있는 두께를 갖는다.

도 11의 제 1 감속장치(450)에서는 신형레이터(39)는 반사 전자(15) 및 이차 전자(16)를 전자 빔(19)의 축을 따라 상승하여 온 전자만으로 발광한다. 반사 전자(15) 및 이차 전자(16)를 확산각이 큰 전자들, 금속판(54)에 충돌하여 때문에 신형레이터(39)의 발광률이 떨어지지 않는다. 이 결과, 광전자 증배관(41)은 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)를 전자 빔(19)의 축을 따라 상승하여 온 전자만으로 감속한다. 한편, 금속판(54)에서도 신형레이터(39)로부터도 신호 이차 전자(16b)는 발생하기 때문에 제 2 감속장치(151)(도 11에서는 도시 생략)의 광전자 증배관(14)의 출력은 이차 전자(16) 및 반사 전자(15)의 전체를 반영한 것이 된다.

이때, 이차 전자(16)의 에너지가 낮고(예를 들어 600V), 반사 전자(15)의 에너지가 높은(예를 들어 수 kV) 경우에는 광전자 증배관(41)의 출력은 반사 전자(15)로 인한 전자 빔(19)의 축을 따라 상승하여 온 것을 반영하게 된다. 이와 같은 조건에서 시료(9)의 관찰을 할만 경우, 시료(9)에 형성된 깊은 오목부의 바닥에 의하여 반사된 전자(오목부의 측면에 의하여 확산각이 제한되기 때문, 전자 빔(19)의 축을 따라 상승할)을 광전자 증배관(41)에 의하여 효율있게 감속할 수 있다. 이로써 시료(9) 오목부의 바닥면의 형상이 고분해능으로 관찰하는 것에 가능하게 된다.

또한 도 11의 구성에서 금속판(54)의 재질과, 신형레이터(39)의 금속층의 재질을 동일 재료로 함으로써 이차 전자 발생의 균일화를 도모할 수 있다. 또 금속판(54)대신 충분한 두께의 금속층을 이용할 수도 있다.

다음에 제 4 실시예로서 가속 전압을 저가속 전압으로부터 고가속 전압까지 광범위하게 설정할 수 있는 주사 전자 현미경의 구성을 도 12를 이용하여 설명한다.

도 12에서 도 3, 도 5의 구성과 동일 구성에는 동일 부호를 붙이고 있다. 도 12에서는 소트카 형의 전자원(36)을 가열 전극(38)으로 가열하고, 인출 전극(34)에 인출 전압(37)을 인가하여 전자 빔(19)을 인출한다. 서로서로 전극(35)은 억제전압(52)으로부터 공급되는 부전압으로 전자원(36)의 전단부분 이외에서 발생하는 전자를 억제하고 있다. 인출 전극(34)을 통과한 전자 빔(19)은 제 1 가속 전압(55)에 인가된 제 1 가속 전극(57)에 의하여 소량의 에너지(가속)로 조정된다. 예를 들어 제 1 가속 전압은 5kV이며 이것에 저가속 전압에 상당한다. 저가속 전압으로 조절할 경우에는 제 2 가속 전압(56)을 인가하지 않고, 제 1 가속 전극(57)을 접지 전위가 된다. 한편, 시료(9)에는 -4kV의 충전 전압(20)을 인가한다. 이로써 시료(9)에 입사할 때의 전자 빔(일차 전자 빔)(19)은 1kV가 된다. 충전 전압(20)을 조절함으로써 일차 전자 빔(19)의 가속 전압을 조절할 수 있다.

한편, 고가속 전압으로 관찰할 경우에는 제 2 가속 전압(56)을 인가한다. 예를 들어 제 2 가속 전압(56)은 150kV를 인가하면, 전자 빔(19)은 201kV가 된다. 이 경우, 시료(9)에 충전 전압(20)으로서 -1kV를 인가하고 있기 때문에 시료(9)에 입사하는 일차 전자 빔(1)은 200kV가 된다. 본 실시예에서는 분할 저항(59)으로 분할되고, 절연 배지(63)로 고정된 38의 제 2 가속 전극(59)에 의하여 제 2 가속 전압(56)을

단계적으로 증가하고 있다.

고가속 전압 또는 저가속 전압으로 전속된 전자(19)는 본래서 렌즈(28)와 대물 렌즈(3)로 시료(9)상에 집중된다. 제1 조리기계(25)는 전자 빔(19)의 개방각을 조절하고 있다. 집중된 전자 빔(19)은 전자사 코일(26)과 하부사 코일(27)로 구성되는 주사 코일인 시료(9)상을 주사한다. 여기서 전자 빔(19)은 대물 렌즈(3)의 렌즈 중심을 지나 시료(9)상을 주사하도록 조정된다.

먼저 고가속 전압의 경우의 미차 신호의 검출을 설명한다. 고가속 전압의 경우에는 시료(9)에 -1kV의 중첩 전압(20)이 인가된다. 고가속 전압(예를 들어 200kV)의 일차 전자 빔(19)의 조사로 발생한 미차 전자(도시 상략)는 중첩 전압(20)으로 가속되고, 대물 렌즈(3)의 렌즈 작용을 받아 신일레이터(39)에 충돌한다. 충돌하는 에너지는 1kV이기 때문에 호를 통해 신호 미차 전자를 발생시킨다. 여기서 검출되는 미차 전자 증배관(14)의 출력은 시료(9)에서 발생한 미차 전자량(1)이다. 한편, 시료(9)에서 발생한 반사 전자는 대물 렌즈(3)의 렌즈 작용을 받아 대물 렌즈(2)를 통과한다. 에너지의 감쇠가 큰 반사 전자 대물 렌즈의 렌즈 작용으로 신일레이터(39)에 충돌한다. 에너지의 감쇠가 적은 반사 전자는 제1 조리기계(25)를 통과하고, 공간 편향판(23)과 편향 코일(21, 22)로 편향되기 때문에 신일레이터(71)에 충돌한다. 즉 반사 전자는 미차 전자 증배관(14)과 (15)의 출력으로서 검출된다.

저가속 전압에서는 5kV의 전자 빔(19)이 시료(9)에 인가된 -4kV의 중첩 전압(20)으로 1kV의 일차 전자 빔(19)이 된다. 시료(9)에서 발생한 미차 전자는 중첩 전압(20)으로 가속되어 4 kV가 된다. 반사 전자도 최대 5kV로 가속된다. 그리고 반사 전자, 미차 전자 모두 대물 렌즈(3)로 대략 동일 렌즈 작용을 받아 신일레이터(39)의 제1 조리기계(25)를 통과한 것은 신일레이터(71)에 충돌한다. 여기에서는 신호 미차 전자의 발생과 신일레이터의 발광의 양쪽에서 검출된다. 미차 전자 증배관(14, 41, 65, 70)의 힘이 모두 미차 신호가 된다. 신일레이터(39, 71)의 발광에는 반사 전자성분이 많이 함유되기 때문에 신호 미차 전자를 검출한 신호와는 분리하여 주사신호로 하여도 된다.

또한 도 12의 구성에서는 X선 검출장치(62)를 대물 렌즈(3)와 시료(9)사이에 배치하고 있다. X선 검출장치(62)에 의하여 가속 전압 5kV 내지 30kV 범위의 일차 전자 빔(19)의 시료(9)에의 조사에 의하여 발생한 특성 X선을 검출하는 것으로 시료(9)내의 원소 동량에 유용하게 된다. 이때의 중첩 전압(20)은 고가속 전압과 동일하여 -1kV를 인가한다.

상기 각 실시예에서 시료(9)의 교환부에 관하여 설명하지 않았으나, 반도체 프로세스에서는 시료(9)의 교환(9)의 교환은 로봇 손으로 자동적으로 행하여진다. 이 로봇 손이 시료(9)에 접촉하기 전에 중첩 전압(20)을 오프로 하는 것에 유의할 필요가 있다.

또 상기 각 실시예에서는 소프트웨어 형태의 전자전환을 이용하였으나, 이것에 한정하지 않고 도 2와 같이 기계 발광형 전자전환을 이용하는 것도 물론 가능하다. 도 2에서 기계 발광 유닛(31), 인출 전극(34) 및 양극(28)은 기계 발광형 전자빔을 구성한다. 기계 발광 유닛(31)과 인출 전극(34)사이에는 인출 전압(27)이 인가되고, 기계 발광 유닛(31)에는 가속 전압(38)이 인가된다. 기계 발광 유닛(31)으로부터 방출된 전자 빔(19)은, 인출 전극(34)과 검지 전위에 있는 양극(28)과의 사이에서 더욱 가속된다. 양극(28)을 통과한 전자 빔(19)의 에너지(가속 전압)는 가속 전압(20)과 일치한다.

상기한 바와 같이 본 실시예의 주사 전자 현미경에서는 시료로부터의 미차 전자 및 반사 전자에 의하여 제 1 검출장치와 표면에서 신호 미차 전자를 발생시켜 이것을 제 2 검출에 의하여 검출할 뿐만 아니라, 발광층에 도달한 전자를 제 1 검출장치 자체로 직접 검출하는 구성이기 때문에 종래를 초과하는 높은 검출 효율을 얻을 수 있다. 또 미차 전자와 열화율이 높은 에너지 영역이 1kV정도에 있는 것과, 신일레이터의 발광 효율이 높은 에너지 영역이 수 kV정도에 있는 것을 이용하고, 미차 전자와 반사 전자를 분리하여 검출하는 것도 가능한 구성을 제공할 수 있다. 또한 반사 전자 및 미차 전자를 확실하게 분리 발광의 검출 장치로 인출함으로써 콘트라스트가 다른 시료 주사신호를 얻는 것이 가능한 구성을 제공할 수 있다. 따라서 시료에 형성된 오목부 저면의 형상을 관측하는 것이 가능하게 된다.

제2의 실시예

본 발명에 의하면, 러터링법을 이용하면서 시료로부터의 미차 전자 및 반사 전자를 가속 전압 및 감속 전압의 크기별 상단에서 호를 통해 검출할 수 있는 주사 전자 현미경을 제공할 수 있다.

(57) 제1의 구성

구성 1

시료를 유지하는 시료 홀더와, 상기 전자를 가속하여 상기 시료를 향하여 전자 빔을 조사하는 전자전환과, 상기 전자 빔을 상기 시료상에 주사시키는 주사 수단과, 상기 전자 빔을 상기 시료상에 집중시키는 대물 렌즈와, 상기 전자 빔의 조사에 의하여 상기 시료에서 생기는 미차 전자 및 반사 전자의 적어도 한쪽에 의하여 구성되는 미차 신호를 검출하기 위한 검출장치를 구비하며,

상기 검출장치는 제 1 검출장치와 제 2 검출장치를 구비하고,

상기 제 1 검출장치는 상기 미차 신호가 충돌하는 위치에 배치되어 상기 미차 신호를 검출함과 동시에 상기 미차 신호의 충돌에 의하여 다시 미차 전자를 방출하는 구성이며,

상기 제 2 검출장치는 상기 제 1 검출장치가 방출한 미차 전자를 검출하는 것을 목적으로 하는 주사 전자 현미경.

구성 2

제 1항에 있어서,

상기 시료상의 공간에 상기 전자 빔을 감속시키는 감속 전계를 형성하는 감속 전계 형성수단을 더욱 구비

하는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 1 검출장치는 전자의 입사에 의하여 발생하는 열광부재와, 상기 열광 부재의 표면에 배치된 금속 부재와, 상기 열광부재가 발한 광을 검출하는 광검출장치를 구비하고,

상기 금속 부재는 상기 여차 신호가 출몰하는 위치에 배치되어 상기 여차 전자를 방출하고, 상기 열광부재는 상기 금속 부재를 투과한 상기 여차 신호에 의하여 발광하는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제 1 검출장치는 상기 전자 빔의 궤도상에 배치되고, 상기 제 1 검출장치에는 상기 전자 빔을 통과시켜 위한 관을 구멍이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 금속 부재는 상기 여차 신호를 상기 반사 전자는 투과할 수 있으나, 상기 여차 전자는 투과하지 않는 부재로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 6

제 2항에 있어서,

상기 금속 부재의 두께는 상기 여차 신호의 중심축에 가까운 부분에서는 상기 여차 신호의 직어도 일부가 투과할 수 있는 두께이고, 중심축으로부터 떨어진 부분에서는 상기 여차 신호가 투과할 수 없는 두께인 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 제 1 검출장치와 상기 제 2 검출장치 사이에는 상기 제 1 검출장치가 방출한 여차 전자를 상기 제 2 검출장치의 방향으로 편향하는 편향수단을 가지는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 편향 수단은 상기 제 1 검출장치가 방출한 여차 전자를 상기 제 2 검출장치 쪽으로 끌어 당기는 방향의 정전계를 형성하는 전계 발생수단과, 상기 정전계에 의한 상기 전자 빔에 생기는 편향을 제거하는 자계를 상기 전자 빔에 인가하는 자계 발생수단을 가지는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 전계 발생수단은 상기 정전계를 형성하는 한 쌍의 전극을 가지고, 상기 전극을 정전위가 인가되는 전극은 접지된 상기 여차 전자를 통과시키기 위한 양보양대며, 상기 제 2 검출장치는 상기 양 보양의 전극에 대향하도록 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 시료로부터의 여차 신호를 상기 제 1 검출장치를 향하여 편향시키는 여차 신호 편향수단을 더욱 가지는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 11

제 2항에 있어서,

상기 감속 전계 형성수단은 상기 대물 렌즈와 상기 시료사이의 공간에 감속 전계를 형성하기 위하여 상기 시료에 부의 전압을 인가하는 수단을 가지는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 12

제 2항에 있어서,

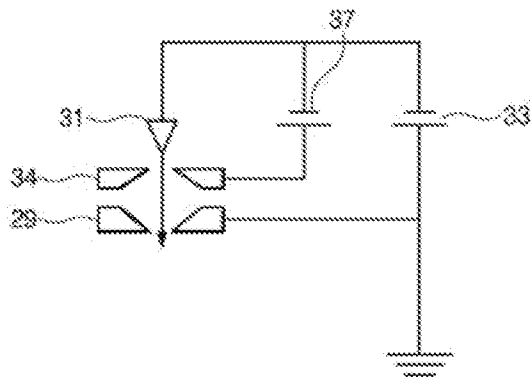
상기 감속 전계 형성수단은 상기 시료에 접촉하지 않도록 시료를 덮는 전극과, 상기 전극과 상기 대물 렌즈 사이의 공간에 감속 전계를 형성하기 위하여 상기 시료와 상기 전극에 동일한 부의 전압을 인가하는 수단을 가지는 것을 특징으로 하는 주사 전자 현미경.

청구항 13

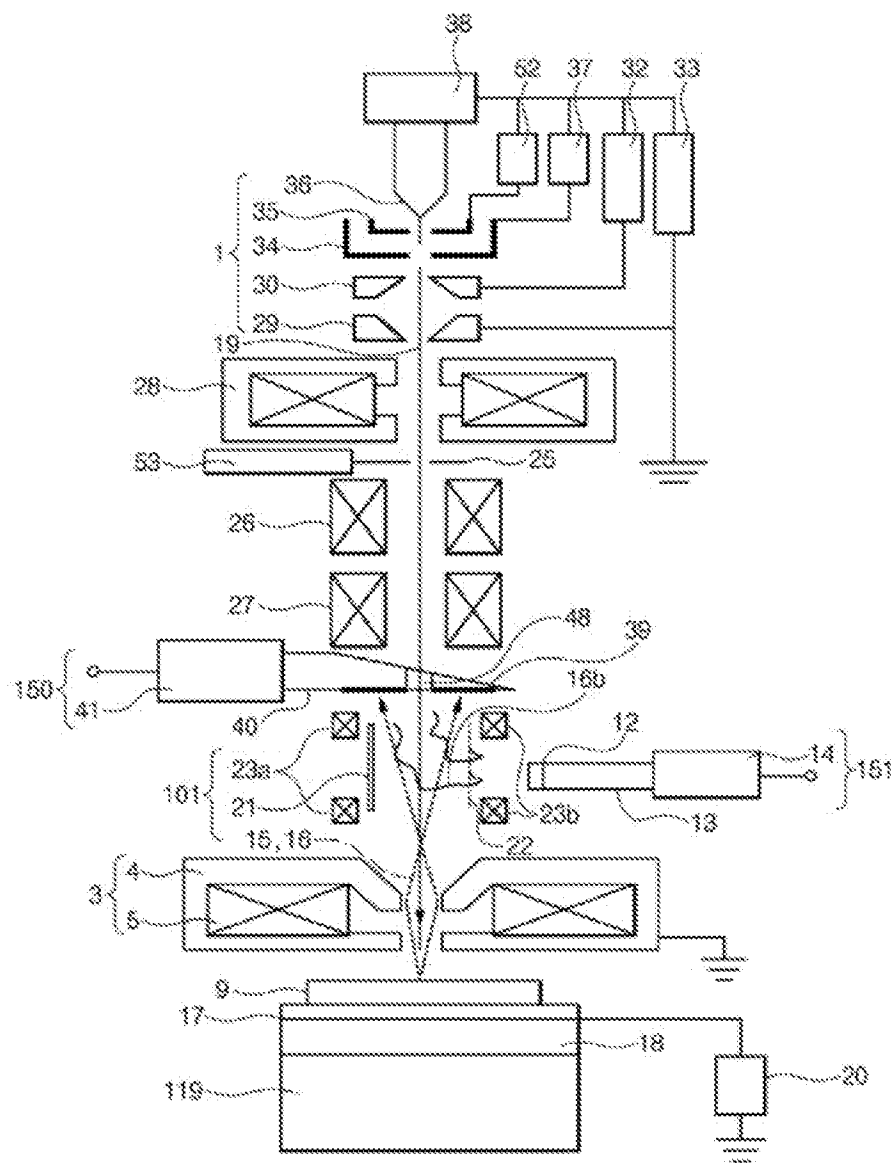
제 1항에 있어서,

상기 제 1 검출장치는 상기 제 1 검출장치에 출몰하는 상기 여차 신호를, 상기 여차 신호의 중심축 주변의

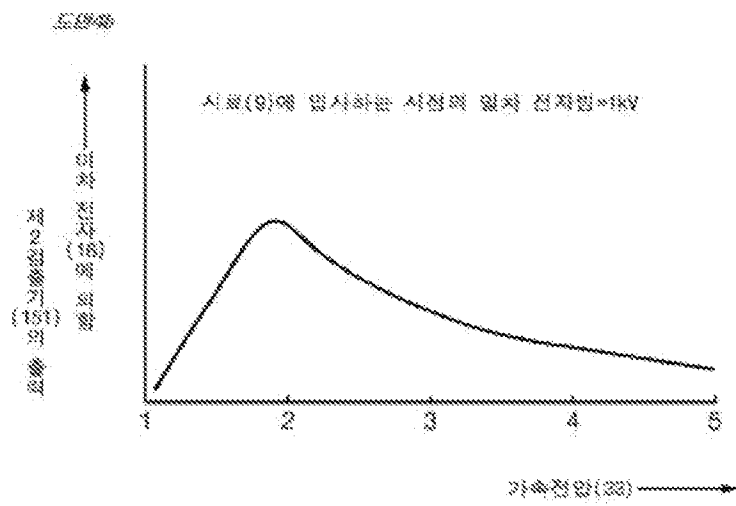
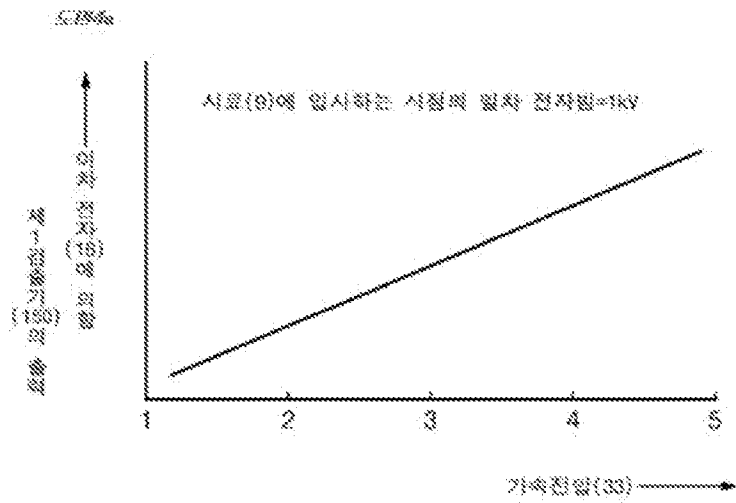
FIG. 2

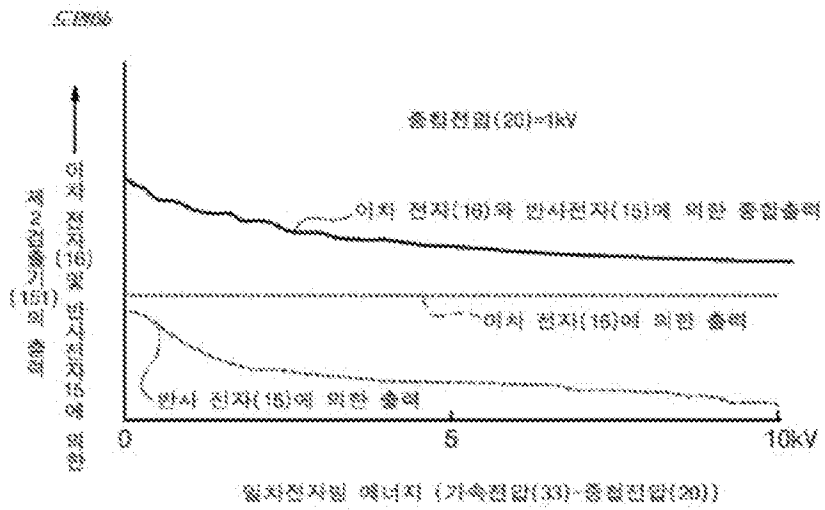
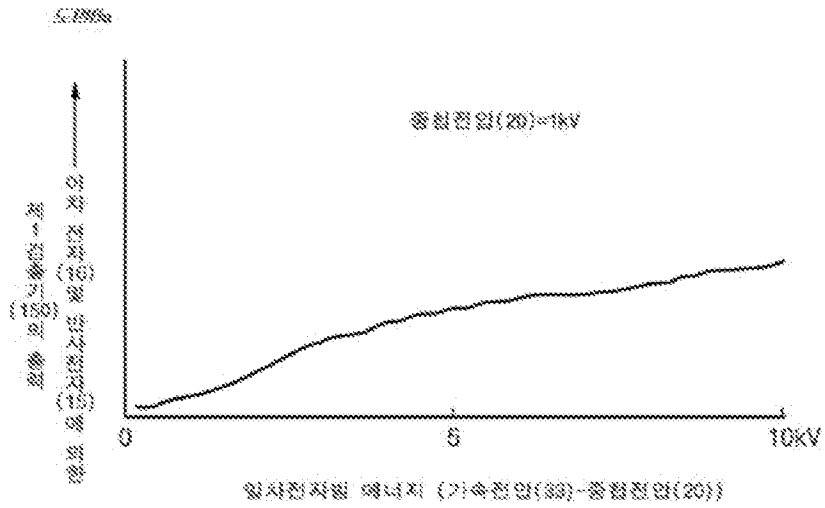


5789

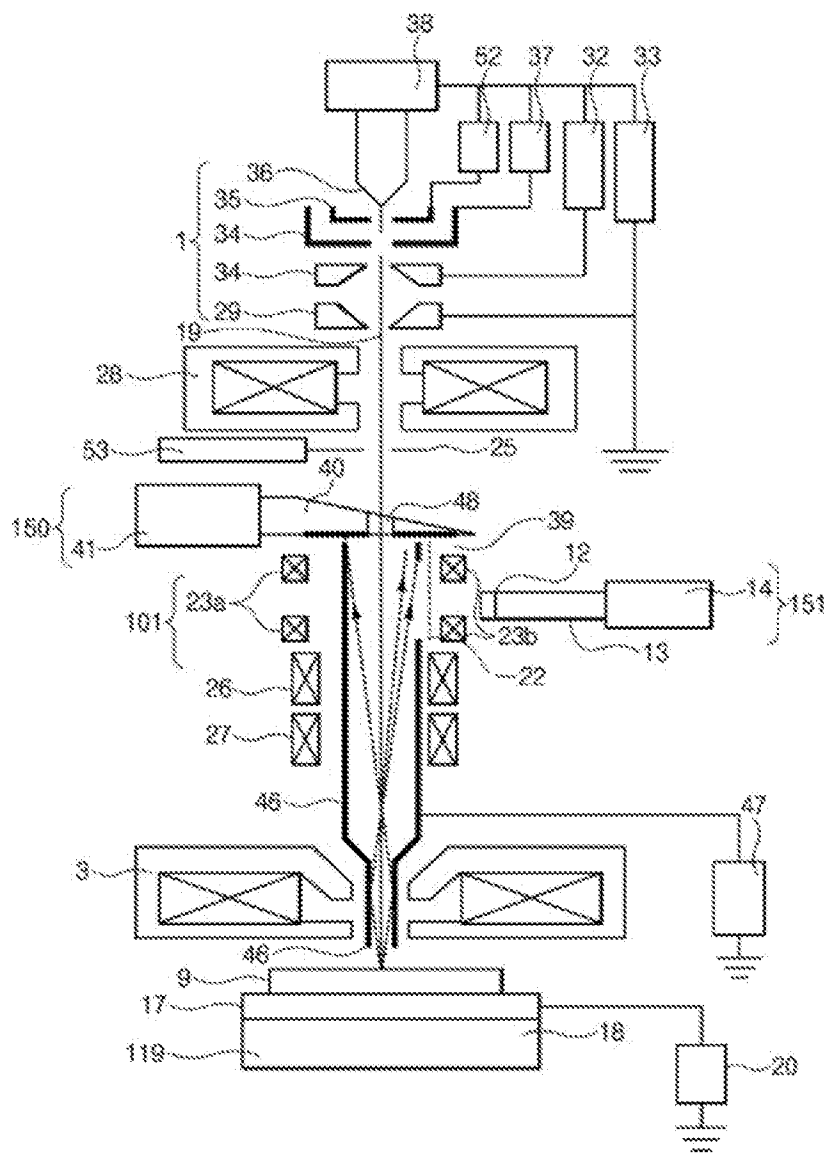


22-13





5.181



22-17

FIG. 18

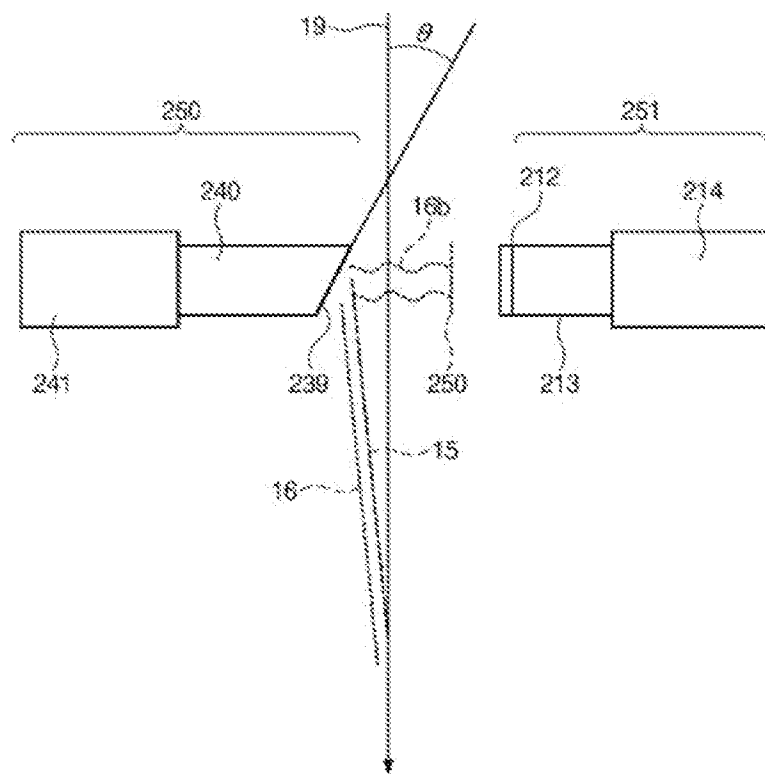


FIG. 19

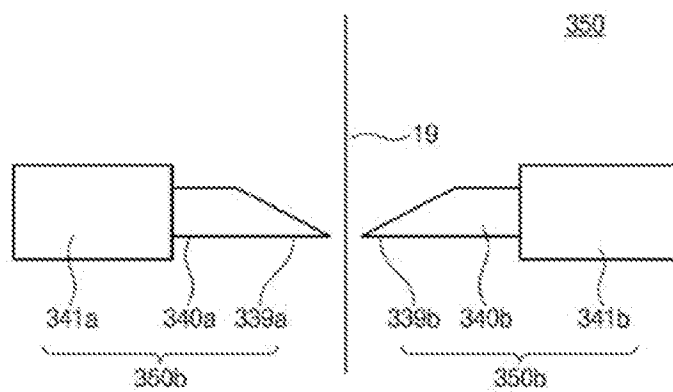


FIG 10

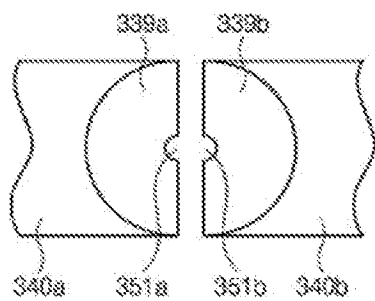


FIG 11

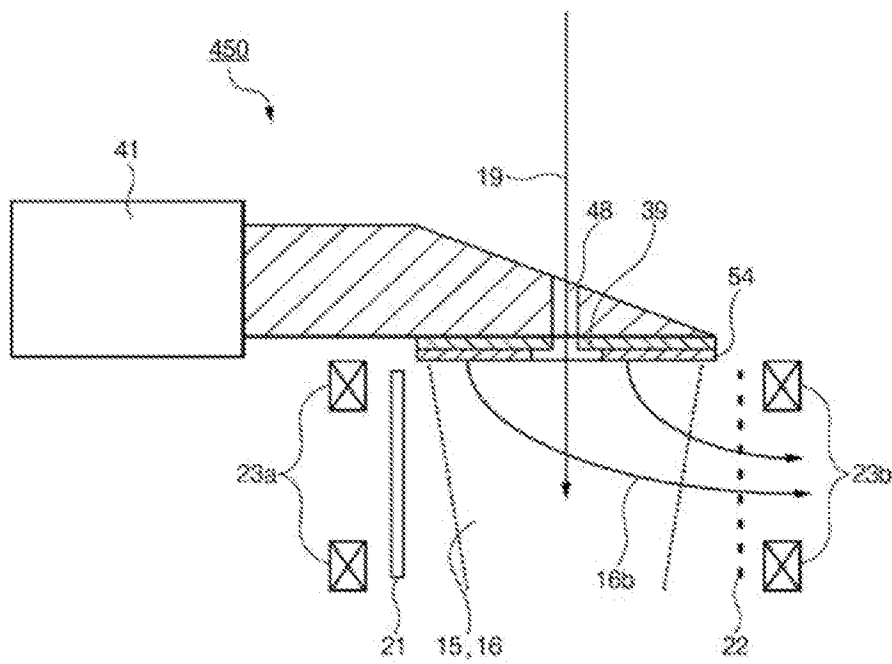
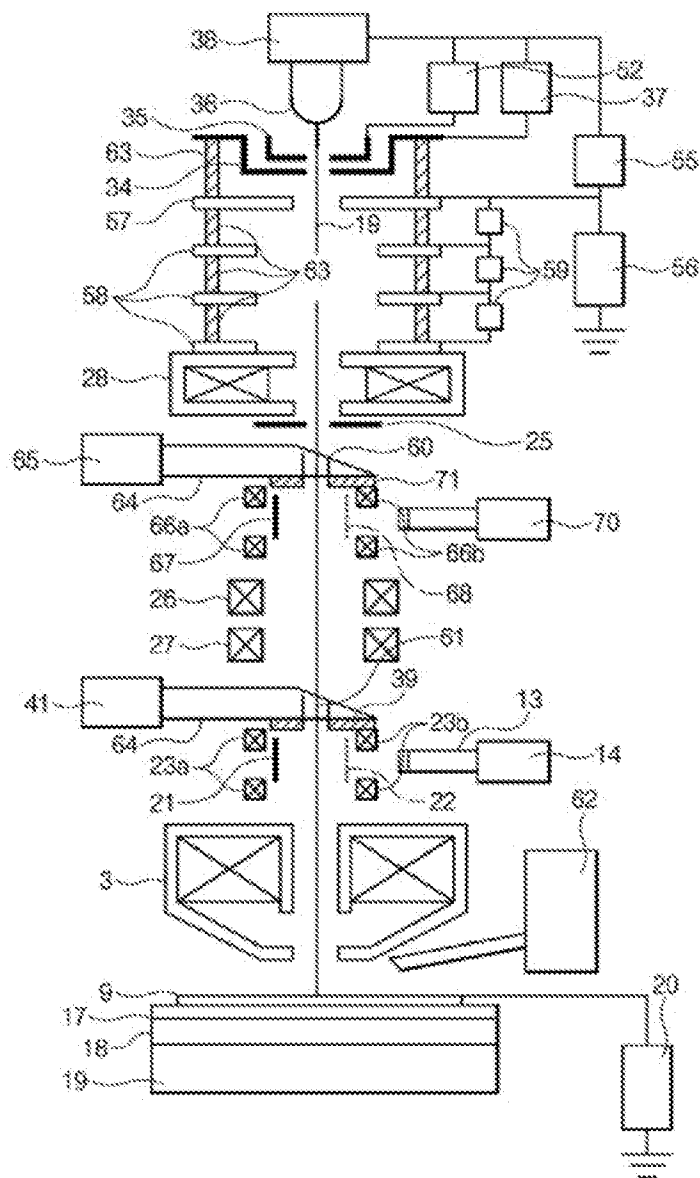
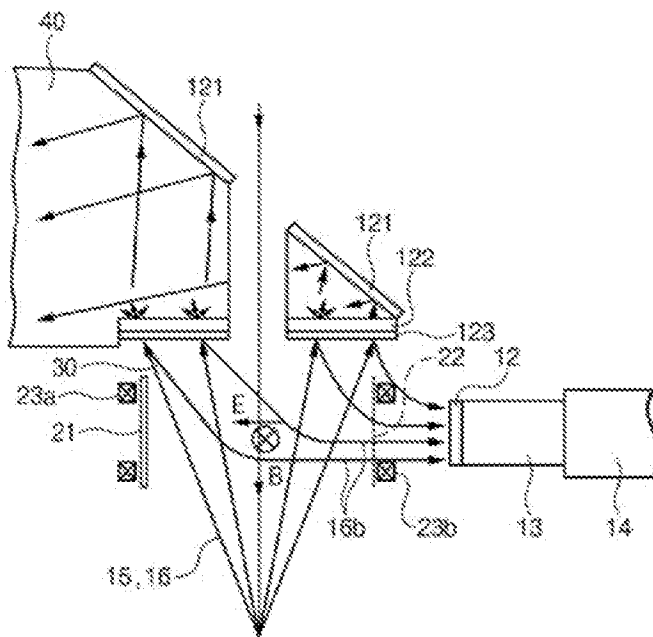


FIG. 12



22-20

도면 18



도면 19

A-A' 단면도

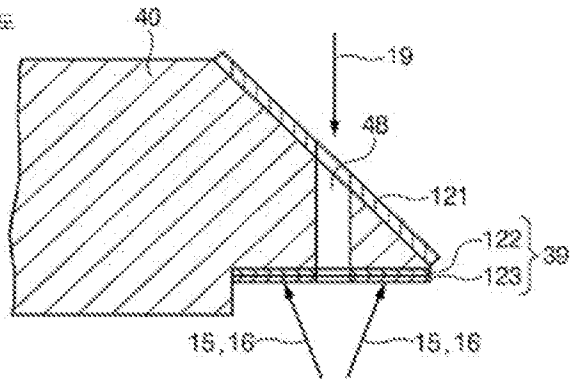


FIG. 16

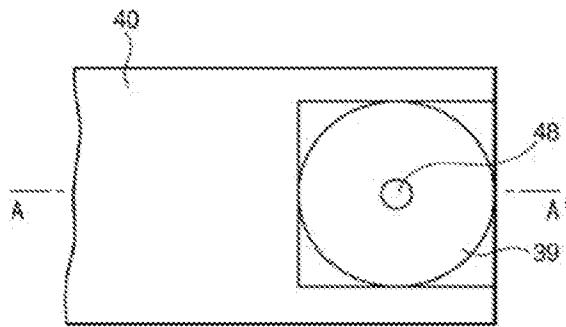


FIG. 17

